



INTERNAL  
Operation & Maintenance

CODE  
GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03

PAGE  
1 of 31

TITLE: Plano de Ação de Emergência PCH Lajes - RN1064-23 ANEEL

AVAILABLE LANGUAGE: PT

## Plano de Ação de Emergência PCH Lajes - RN1064-23 ANEEL

File: GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03.docx

04	12.12.24	<i>O &amp; M Country</i>	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	PEDRO SOUZA	JULIANA MARTINS PEREIRA	JULIANA MARTINS PEREIRA															
03	22.12.23	<i>O &amp; M Country</i>	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	RAQUEL MARTINS	JULIANA MARTINS PEREIRA	JULIANA MARTINS PEREIRA															
02	15.12.22	<i>O &amp; M Country</i>	BRUNA GOMIDES GOUVEIA		JULIANA MARTINS PEREIRA	JULIANA MARTINS PEREIRA															
01	15.12.21	<i>O &amp; M Country</i>	BRUNA GOMIDES GOUVEIA		JULIANA MARTINS PEREIRA	JULIANA MARTINS PEREIRA															
00	30.07.19	<i>O &amp; M Country</i>	ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA		JULIANA MARTINS PEREIRA	ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA															
<i>REV.</i>	<i>DATE</i>	<i>DESCRIPTION</i>	<i>PREPARED</i>	<i>CONTRIBUTION</i>	<i>VERIFIED</i>	<i>VALIDATED</i>															
<b>PROGETTO / IMPIANTO PROJECT / PLANT</b>		<b>EGP CODE</b>																			
<i>PCH LAJES</i>		<i>GROUP</i>	<i>FUNCION</i>	<i>TYPE</i>	<i>ISSUER</i>	<i>COUNTRY</i>	<i>TEC.</i>	<i>PLANT</i>			<i>SYSTEM</i>	<i>PROGRESSIVE</i>		<i>REVISION</i>							
		<b>GRE</b>	<b>OEM</b>	<b>R</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>B</b>	<b>R</b>	<b>H</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>
<b>CLASSIFICATION</b>		<i>PUBLIC</i> <input checked="" type="checkbox"/>		<i>CONFIDENTIAL</i> <input type="checkbox"/>		<b>UTILIZATION SCOPE</b>															
		<i>COMPANY</i> <input type="checkbox"/>		<i>RESTRICTED</i> <input type="checkbox"/>		<i>Basic Design, Detailed Design, Issue for Construction, etc.</i>															



INTERNAL

Operation &amp; Maintenance

CODE  
GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03PAGE  
2 of 31**Controle de Distribuição do Plano de Ação de Emergência****Somente para Uso Oficial**

Cópia	Entidade	Recebimento	Identificação	Assinatura

**Controle de Revisão: Atualização dos Contatos dos Agentes Internos e Externos, Treinamentos, Informações Técnicas**

Revisão	Data	Preparado	Revisão / Atualização / Descrição
00	30.07.2019	ANTÔNIO SERGIO PORTELINHA	Emissão Inicial
01	15.12.2021	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe
02	15.12.22	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe e Contatos.
03	22.12.2023	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe e Contatos, Mapeamento de População e Plano de Evacuação e Estudo de Ruptura.
04	12.12.2024	BRUNA GOMIDES GOUVEIA	Atualização de Equipe, Contatos e Relatório de Simulado

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>2. RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. REFERÊNCIA .....</b>	<b>4</b>
<b>3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR .....</b>	<b>5</b>
<b>4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DO PSB E PAE .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE .....</b>	<b>5</b>
<b>5. FICHA TÉCNICA .....</b>	<b>5</b>
<b>6. RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE .....</b>	<b>6</b>
<b>6.1. EMPREENDEDOR .....</b>	<b>6</b>
<b>6.2. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE .....</b>	<b>7</b>
<b>6.3. COORDENAÇÃO TÉCNICA CIVIL - ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM.....</b>	<b>7</b>
<b>6.4. RESPONSÁVEL LOCAL NA BARRAGEM .....</b>	<b>7</b>
<b>6.5. ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA .....</b>	<b>8</b>
<b>7. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA.....</b>	<b>10</b>
<b>8. AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA .....</b>	<b>11</b>
<b>9. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES E COMUNICAÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>9.1. SISTEMA DE PROTEÇÃO, DEFESAS CIVIS E AGENTES INTERNOS E EXTERNOS .....</b>	<b>13</b>
<b>10. SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE RUPTURA DA BARRAGEM .....</b>	<b>14</b>
<b>10.1. PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS .....</b>	<b>16</b>
<b>10.2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES.....</b>	<b>19</b>
<b>10.3. CONCLUSÕES .....</b>	<b>28</b>
<b>11. TREINAMENTOS - PAE.....</b>	<b>29</b>
<b>12. SISTEMA SONORO DE ALERTA .....</b>	<b>29</b>
<b>13. ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS .....</b>	<b>30</b>
<b>14. MANCHAS DE INUNDAÇÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>15. ANEXOS.....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 1: MAPAS ZONA DE AUTOSSALVAMENTO.....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 2: PLANO DE EVACUAÇÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 3: ESTUDO DE RUPTURA .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXO 3: RELATÓRIO DE SIMULADO LAJES.....</b>	<b>31</b>

	<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE</p> <p>GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03</p>
		<p>PAGE</p> <p>4 of 31</p>

## 1. INTRODUÇÃO

O **Plano de Ação de Emergência (PAE)** é parte integrante do **Plano de Segurança da Barragem (PSB)** da PCH Lajes e tem por finalidade atender a Resolução Normativa da ANEEL nº 1064 de 2 de maio de 2023, que estabelece as ações a serem executadas pelo empreendedor.

O PAE constitui peça obrigatória para barragens classificadas como A ou B segundo a matriz de classificação da barragem, ou conforme sua categoria de risco e dano potencial associado como médio ou alto.

Conforme apresentado no **PSB**, a PCH Lajes foi **classificada como “B”**, avaliada na Categoria de Risco Médio e Dano Potencial Associado Alto. O **PSB** é um documento formal em que estão estabelecidas as ações a serem executadas visando a manutenção da integridade física da barragem, bem como em caso de situação de emergência.

O presente documento apresenta o **PAE de Ruptura de Barragem**, conforme determina o §3º do Artº13 da RN1064/2023 ANEEL, e considera o conteúdo mínimo previsto no Artº12 da Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, conduzida pelo responsável técnico do **PSB**.

De acordo com RN1064/2023, o **PAE** deve estar disponível no site do empreendedor, no empreendimento e nas prefeituras envolvidas, bem como ser encaminhado aos organismos de defesa civil.

O PAE pode ser encontrado no site: <https://www.enel.com.br/pt/quemsomos/archive/d2018-comportamento-etico/plano-de-acao-de-emergencia.html#>

## 2. RESPONSÁVEIS PELO DOCUMENTO

Responsável pela elaboração do documento:

- Engenheira Bruna Gomides Gouveia
- Engenheiro Pedro Ernesto de Albuquerque e Souza

Responsável pela aprovação do documento:

- Engenheira Juliana Martins Pereira

### 2.1. REFERÊNCIA

- Ref. [1]: GRE.EEC.C.14.BR.H.01BPP.00.030.01- Relatório de Avaliação Bidimensional de Ruptura da Barragem de Lajes. – Agosto de 2023.

	<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03</p>
		<p>PAGE 5 of 31</p>

### 3. IDENTIFICAÇÃO DO REPRESENTANTE LEGAL DO EMPREENDEDOR

- Diretor Jayme Barg

### 4. IDENTIFICAÇÃO DO RESPONSÁVEL TÉCNICO DO PSB E PAE

- Engenheira Juliana Martins Pereira

#### 4.1. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE

- Leonan De Souza Menezes

### 5. FICHA TÉCNICA

Identificação	
Nome da barragem: PCH LAJES	Empresa: Enel Green Power
Situação: Em operação	Ano de construção: 1970
Localização	
Município: Piraquê	Estado: Tocantins
Curso d'Água: Rio Ribeirão das Lajes	
Sub-bacia/Código:	
Bacia/Código: (Rio Ribeirão das Lajes)	
Barragem: PCH LAJES	
Dados Hidrometeorológicos	
Vazões Características	
Vazão Média de Longo Termo: 38,6 m <sup>3</sup> /s	Período Histórico Completo: 1973-2007
	Área de Drenagem do Barramento: 725,0km <sup>2</sup>
Vazões Extremas	
Vazão Máxima de Projeto (TR = 10.000 anos): 290,4 m <sup>3</sup> /s	
Reservatório	
NAs de Montante	Áreas Inundadas
NA máximo maximorum: 180,99m	NA máximo normal: 0,866km <sup>2</sup>
NA máximo normal: 180,05m	Volume no N.A. Máximo Normal (hm <sup>3</sup> ): 8,30
NA normal operativo: 179,55m	

	<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03</p>
		<p>PAGE 6 of 31</p>

NA mínimo normal: 179,05m	
<b>Barragem Principal</b>	
<b>Características</b>	
Tipo: de terra, homogênea estrutura de concreto ao centro do vale	
Comprimento total da crista: 245,0m	
Altura máxima: 6,0m	
Cota da crista: 181,81m	
Largura da crista: ~4,0m	
<b>Vertedouro</b>	<b>Tomadas d'Água</b>
<b>Características</b>	
Tipo: soleira livre	Tipo: Concreto. Possui três grupos geradores providos de turbinas hidráulicas tipo Francis, de eixo horizontal.
Capacidade: 290,3m <sup>3</sup> /s	
Cota da soleira: 179,55m	
Comprimento total: 90,0m	

## 6. RESPONSABILIDADES GERAIS DO PAE

### 6.1. EMPREENDEDOR

A gestão do **PAE** é atribuição da **ENEL** que, em conjunto com o **Engenheiro Responsável pela Barragem**, manterá a gestão operativa utilizando a estrutura presente na Empresa, incluindo os recursos de telecomunicação para transferência de dados e informações e, se necessário, para conectar-se a terceiros.

É atribuição do **Empreendedor**:

1. Providenciar a elaboração e atualização do PAE;
2. Promover treinamentos internos e manter os respectivos registros das atividades;
3. Participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com os agentes externos.

Abaixo se encontram elencados os profissionais envolvidos, atribuições e responsabilidades para gerir os procedimentos em situação de emergência.

4. Participar de simulações de situações de emergência, em conjunto com os agentes externos.

Abaixo se encontram elencados os profissionais envolvidos, atribuições e responsabilidades para gerir os procedimentos em situação de emergência.

	<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03</p>
		<p>PAGE 7 of 31</p>

5. Notificar os órgãos fiscalizadores a nível estadual, além do Operador do Sistema Elétrico (ONS) e Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em caso de Nível de Resposta 2 (laranja) ou Nível de Resposta 3 (vermelho).

6. Notificar a Defesa Civil (municipal, estadual e federal), as prefeituras e os órgãos ambientais competentes, em caso de situação de emergência Nível de Resposta 2 (laranja) ou Nível de Resposta 3 (vermelho), ou designar, formalmente, quem o faça formalmente.

7. Disponibilizar informações, de ordem técnica, para a Defesa Civil, prefeituras e demais agentes externos, quando solicitado formalmente.

8. O empreendedor da usina de jusante deve informar ao empreendedor da usina de montante o resultado do impacto do eventual rompimento da usina de montante na sua usina, gerando uma articulação entre empreendedores.

## 6.2. COORDENADOR RESPONSÁVEL PELO PAE

O coordenador do **PAE** é responsável, por delegação do Empreendedor pelas seguintes ações;

- Detectar, avaliar e classificar as situações de emergência em potencial;
- Declarar situação de emergência e executar as ações descritas no PAE;
- Executar as ações previstas no fluxograma de notificação;
- Iniciar o processo de notificação para a zona de Autossalvamento (ZAS)
- Notificar os agentes externos e autoridades públicas em caso de situação de emergência;
- Emitir declaração de encerramento de emergência;
- Elaborar o relatório de fechamento de eventos de emergência.

O coordenador do PAE receberá treinamentos através da coordenação técnica civil.

## 6.3. COORDENAÇÃO TÉCNICA CIVIL - ENGENHEIRO RESPONSÁVEL PELO PLANO DE SEGURANÇA DA BARRAGEM

Profissional competente para dar o suporte técnico relativo ao comportamento e segurança da barragem e das estruturas hidráulicas. Responsável pela emissão de atestados de responsabilidade técnica junto ao **Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – CREA** para os assuntos que se referem à segurança da barragem.

## 6.4. RESPONSÁVEL LOCAL NA BARRAGEM

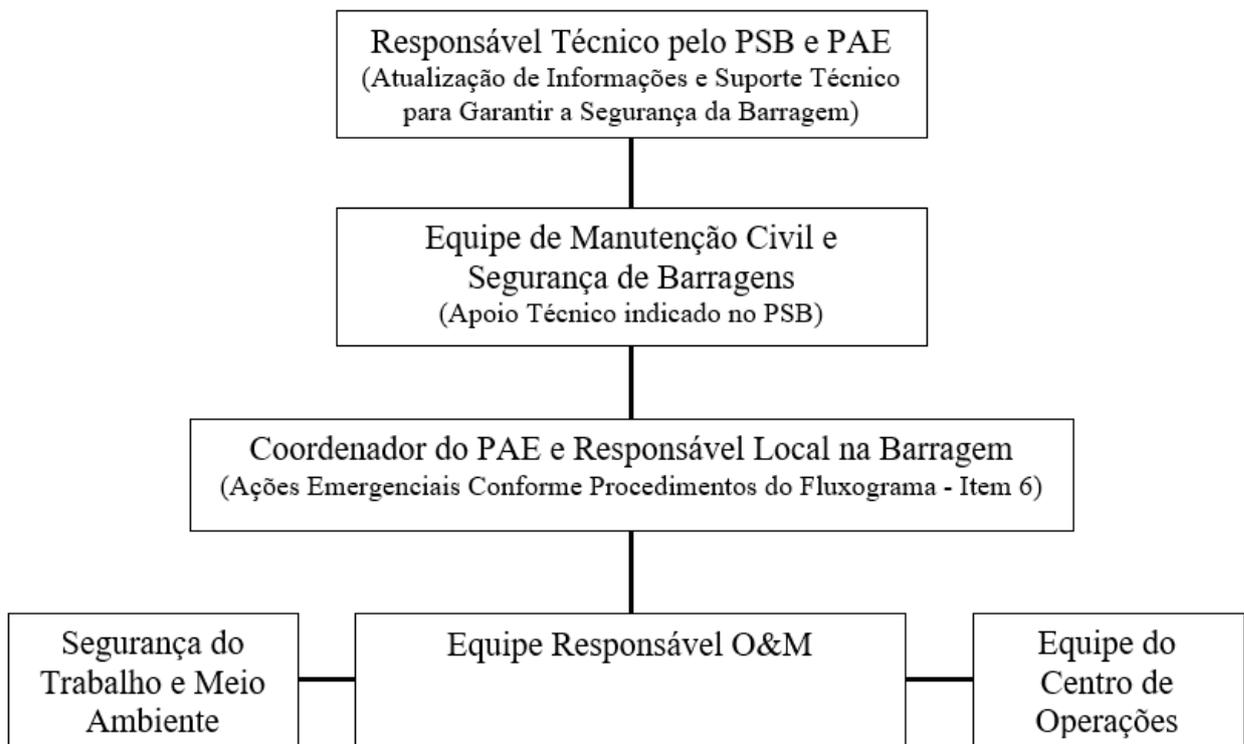
Encarregado geral da barragem, indicado para execução das manobras e inspeções rotineiras de

	INTERNAL	CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03
	Operation & Maintenance	PAGE 8 of 31

campo.

### 6.5. ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE TÉCNICA

Será apresentada nesse item a organização da equipe técnica capacitada a realizar atividades relacionadas à segurança de barragens em situação de Emergência.



**Figura 1 – Organização da Equipe Técnica**

A tabela a seguir apresenta o número de profissionais e disponibilidade em operação normal e emergencial da barragem da PCH Lajes conforme diretriz organizacional nº 1271 de 21 de junho de 2024 e diretriz organizacional nº 2146 de 13 de dezembro de 2023. A equipe disponível indicada no **item 6 do PSB**, com qualificação técnica de segurança de barragens.

**Tabela 1 – Disponibilidades em Operação Normal e Emergência**

<b>Responsável Técnico pelo PSB e PAE</b>				
Nº de pessoas	Função	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
<b>Equipe de Manutenção Civil e Segurança de Barragem</b>				
Nº de pessoas	Função	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
6	Especialistas	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
10	Especialistas	Parcial	Total	Rio de Janeiro-RJ
<b>Coordenador do PAE e Responsável Local na Barragem</b>				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
2	Mantenedores	Total	Total	Araguaína- TO
<b>Equipe Responsável O&amp;M</b>				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Coordenador	Total	Total	Piraju - SP
1	Encarregado	Total	Total	Araguaína -TO
1	Mantenedor	Total	Total	Araguaína -TO
1	Técnico	Total	Total	Palmas -TO
<b>Equipe de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente</b>				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente de QSMS	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
2	Coordenadoras de QSMS	Parcial	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Especialista de Meio Ambiente	Total	Total	Palmas -TO
1	Técnico de Segurança do Trabalho	Total	Total	Palmas -TO
<b>Equipe do Centro de Operações</b>				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Gerente	Total	Total	Rio de Janeiro - RJ
1	Supervisor	Total	Total	Rio de Janeiro - RJ
2	Técnicos	Total	Total	Rio de Janeiro - RJ
<b>Comunicação e Mídia</b>				
Nº de pessoas	Titulação	Disponibilidade em operação normal	Disponibilidade em emergência	Localização
1	Diretora de Comunicação com a Mídia	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Responsável Relações com a Mídia	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Responsável de Relações Institucionais	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ
1	Diretora de Regulação	Total	Total	Rio de Janeiro-RJ

	<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03</p>
		<p>PAGE 10 of 31</p>

## 7. CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE SEGURANÇA

As ações demandadas frente à identificação de uma anomalia na barragem da PCH Lajes serão efetuadas em função do NÍVEL DE RESPOSTA frente à situação observada.

Os níveis de resposta **NORMAL (NR-0)** e **ATENÇÃO (NR-1)** se referem às situações anômalas que não comprometem, imediatamente, a segurança da barragem, mas que demandam ações ditas preventivas de modo a evitar a evolução. Os níveis de **ALERTA (NR-2)** e **EMERGÊNCIA (NR-3)**, por se referirem às situações de risco à segurança no curto prazo ou de ruptura iminente, ativam um processo de emergência na estrutura, exigindo o cumprimento do estabelecido neste PAE.

Os critérios para o enquadramento do NÍVEL DE RESPOSTA encontram-se indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Critérios para enquadramento do Nível de Resposta (NR) (Parte 1/2)

<b>SITUAÇÃO ADVERSA</b>	<b>NORMAL (NR-0)</b>	<p>Quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem, mas devem ser monitoradas e controladas ao longo do tempo.</p> <p>Configura <b>ESTADO NORMAL</b>.</p> <p>Segurança da estrutura não é afetada.</p>
	<b>ATENÇÃO (NR-1)</b>	<p>Quando as anomalias encontradas não comprometem a segurança da barragem no curto prazo, mas devem ser controladas, monitoradas ou reparadas.</p> <p>Configura <b>ESTADO DE ATENÇÃO</b>.</p> <p>Segurança da estrutura pode ser afetada em médio prazo.</p>

	<p style="text-align: center;">INTERNAL</p> <p style="text-align: center;">Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.03</p>
		<p>PAGE 11 of 31</p>

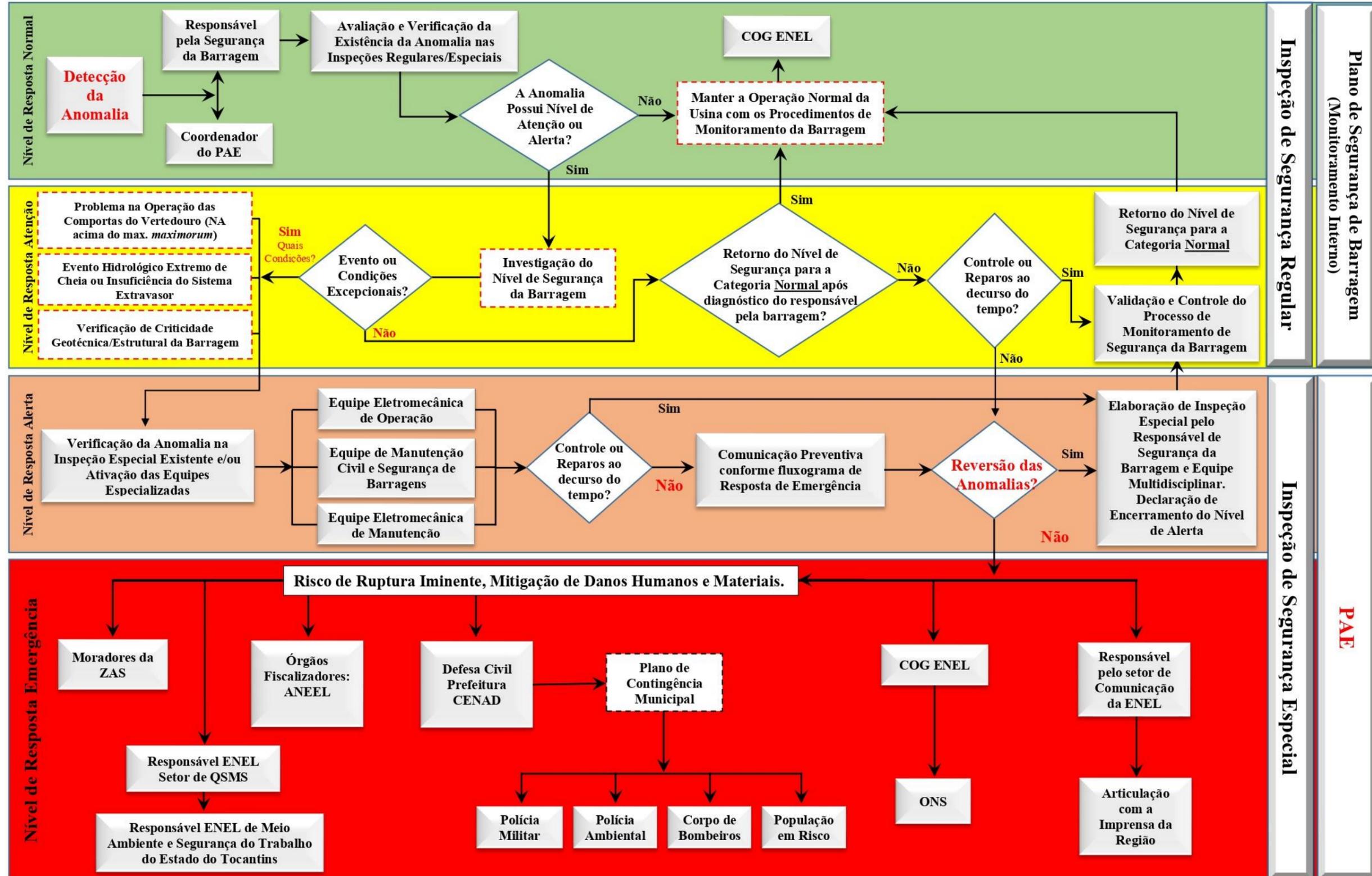
Tabela 2 – Critérios para enquadramento do Nível de Resposta (NR) (Parte 2/2)

<p><b>SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA</b></p>	<p><b>ALERTA (NR-2)</b></p>	<p>Quando as anomalias encontradas representam risco à segurança da barragem no curto prazo, devendo ser tomadas providências para a eliminação do problema.</p> <p>Configura <b>ESTADO DE ALERTA</b>.</p> <p>Segurança da estrutura pode ser afetada em curto prazo, sendo a situação ainda passível de mitigação.</p> <p>Considera-se que não há certeza de que se consiga controlar a situação, requerendo total prioridade das ações mitigadoras.</p> <p>Requer a realização de atividade(s) de Inspeção de Segurança Especial.</p>
	<p><b>EMERGÊNCIA (NR-3)</b></p>	<p>Quando as anomalias encontradas representem risco de ruptura iminente ou em que a ruptura está ocorrendo, devendo ser tomadas medidas para prevenção e redução dos danos materiais e humanos decorrentes do colapso da barragem.</p> <p>Configura <b>ESTADO DE EMERGÊNCIA</b>.</p> <p><b>O alerta para a evacuação da Zona de Autossalvamento é obrigatório, assim como o acionamento de todos os agentes externos listados neste PAE.</b></p> <p>A Situação de Emergência encontra-se fora do controle e está afetando a segurança estrutural da barragem de maneira severa e irreversível. Um acidente é inevitável ou a estrutura já se encontra em colapso.</p>

## 8. AÇÕES ESPERADAS PARA CADA NÍVEL DE RESPOSTA

As ações esperadas para cada situação envolvem a adoção de ações de controle/resposta e de notificação próprias para cada Nível de Resposta, conforme indicado a seguir no fluxograma de comunicação.

9. FLUXOGRAMA DE NOTIFICAÇÕES E COMUNICAÇÃO



### 9.1. SISTEMA DE PROTEÇÃO, DEFESAS CIVIS E AGENTES INTERNOS E EXTERNOS

CARGO	CONTATO	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE
Responsável Legal Diretor	Jayme Barg		
Engenheiro Responsável pelo Plano de Segurança de Barragem e Gerente Segurança de Barragem e Infraestrutura Civil	Juliana Martins Pereira		
Responsável pelas ações do PAE	Leonan De Souza Menezes		
Coordenação O&M	Diego Rosa		
Mantenedor Operação	Stefan Zivkov Junior		
Gerente de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente QSMS	Karla Maria de Carvalho		
Coordenadora de Segurança do Trabalho	Alessandra Conceição		
Coordenadora de Meio Ambiente	Soraya Cavalieri		
Responsável pela Segurança do Trabalho	Ana Lorena Ferreira Santana		
Responsável de Meio Ambiente	Breno Rattes		
Coordenador de HSEQ	Mucio Cazarotti Faria		
Gerente do Centro de Operações - COG	Ronaldo Ribeiro Filho		
Tempo Real - COG	Tempo Real		
Diretor de Comunicação	Helio Muniz		
Responsável Relações com a Mídia	Maria Fernanda de Freitas		
Responsável de Relações Institucionais	Alexandra Valença		
Diretora de Regulação	Anna Paula Pacheco		
Responsável de Regulação	Diego Bittner		

ENTIDADE	ENDEREÇO ELETRÔNICO	TELEFONE	ENDEREÇO
----------	---------------------	----------	----------

<b>Prefeitura Municipal de Wanderlândia</b>	adm@wanderlandia.to.gov.br	(63) 3453-1634	Pça. Antônio Neto das Flores, 814, Centro - Wanderlândia/TO
<b>Prefeitura Municipal de Piraquê</b>	pmpiraque20212024@gmail.com	(63) 3479-1219	Av. César Batista Nepomuceno, 1330 Piraquê-TO
<b>Defesa Civil Municipal de Piraquê</b>	poliadias15@gmail.com secretariambpiraque@gmail.com	(63) 3479-1219	Av. César Batista Nepomuceno, 1330 Piraquê-TO
<b>Defesa Civil de Tocantins</b>	defesacivil@bombeiros.to.gov.br	(063) 99286-4588	Ten Cel QOBM Erisvaldo de Oliveira Alves
<b>Superintendente de Proteção e Defesa Civil</b>			
<b>2º Batalhão de Polícia Militar</b>	<a href="mailto:2bpm_pmerj@to.gov.br">2bpm_pmerj@to.gov.br</a>	(63) 3414-1268 (63) 3421-1260	Av. Filadélfia, 3860, St. Oeste, Araguaína - TO
<b>2º Batalhão de Bombeiros Militar</b>	<a href="mailto:2bbm@bombeiros.to.gov.br">2bbm@bombeiros.to.gov.br</a>	(63) 3414-4384	Rua Deusarina Ayres, s/n, Setor Jardim Filadélfia -
<b>Prefeitura Municipal de Piraquê</b>	pmpiraque20212024@gmail.com	(63) 3479-1219	Av. César Batista Nepomuceno, 1330
<b>Polícia Rodoviária do Tocantins</b>	sup.to@prf.gov.br	(63) 3215-9700	Rua NO 13, Conj. 02, 05 B, Palmas/TO - CEP: 77001-133

ENTIDADE	CARGO	CONTATO	ENDEREÇO ELETRÔNICO
<b>Ibama</b>	Superintendente do IBAMA em Tocantins	ISAC BRAZ DA CUNHA	<a href="mailto:supes.to@ibama.gov.br">supes.to@ibama.gov.br</a>
<b>ANEEL</b>	Diretor Geral	Sandoval de Araújo Feitosa Neto	<a href="mailto:gabinete.dg@aneel.gov.br">gabinete.dg@aneel.gov.br</a>
<b>Prefeitura Municipal de Piraquê</b>	Prefeito	Silvino Oliveira de Sousa (Neto SOS)	<a href="mailto:pmpiraque20212024@gmail.com">pmpiraque20212024@gmail.com</a>
<b>Defesa Civil Municipal de Piraquê</b>	Coordenador	Pollyana Dias	poliadias15@gmail.com secretariambpiraque@gmail.com
<b>Ibama</b>	Superintendente do IBAMA em Tocantins	LEANDRO MILHOMEM COSTA	<a href="mailto:supes.to@ibama.gov.br">supes.to@ibama.gov.br</a>

## 10. SIMULAÇÃO HIDRODINÂMICA DE RUPTURA DA BARRAGEM

A seguir, será apresentado de forma sucinta, os estudos de ruptura de barragem da PCH Lajes, de acordo com a Ref. [01].

	<p>Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02</p>
		<p>PAGE 15 of 31</p>

Para a elaboração do plano de ação emergencial, foi considerado o cenário para a Fase de Iminente Colapso que consiste na Ruptura da Barragem e os possíveis danos que uma de onda decorrente deste fenômeno poderia acarretar no vale a jusante da PCH Lajes.

A PCH Lajes foi construída no Ribeirão das Lajes, no município de Wanderlândia, Estado de Tocantins, a aproximadamente 440 km ao norte de Palmas, capital do estado. Inserida na bacia do Araguaia, nas coordenadas 6°46'57" S e 48°09'04" O.

A área da bacia de drenagem do aproveitamento é de 725 km<sup>2</sup> e o respectivo reservatório apresenta um espelho d'água de 0,917 km<sup>2</sup>. O vertedouro opera em soleira livre através de 20 vãos de 4,50 metros, na cota 178,74 m. Durante os meses secos o vertedouro é alteado em 80 cm através de pranchões de madeira posicionados em todos os vãos com nível máximo normal na El. 179,58 m.

Este aproveitamento está constituído por barragens de terra em ambas as margens e ombreiras, tomada d'água, canal de adução, câmara de carga, condutos forçados, casa de força, descarregador de fundo e vertedouro de soleira livre. A extensão total do barramento atinge 450 metros.

A região marginal ao ribeirão Lajes a jusante do barramento da PCH Lajes é caracterizada por mata ciliar preservada e densidade demográfica muito baixa. No entanto, a aproximadamente 450 m a jusante do eixo do barramento se encontra a ponte da BR 153.

A seguir, serão apresentados os principais aspectos dos estudos de ruptura de barragem da PCH Lajes, de acordo com a Ref. [01].

**Cenário 1:** Ruptura da barragem por "piping" para uma vazão com TR 100 anos, com o pico de vazão de 204,9 m<sup>3</sup>/s.

**Cenário 2:** Ruptura da barragem por tombamento do vertedouro, para a vazão QMLT = 17,8 m<sup>3</sup>/s, com formação instantânea.

As Tabelas 3 e 4 a seguir apresenta o tempo de chegada da onda proveniente de uma ruptura hipotética da barragem, assim como as cotas máximas que serão atingidas na região da Ponte BR - 153.

## 10.1. PARÂMETROS E CRITÉRIOS ADOTADOS

### 10.1.1. Geometria do Trecho

Foi implementado um modelo bidimensional (2D), dividido em duas partes, sendo estas o modelo de montantes que contém o reservatório e irá calcular o hidrograma de ruptura e o de jusante num trecho de 15,5 km desde o eixo do barramento. As figuras a seguir apresentam os domínios sobre imagem de satélite retirada do Google Earth, onde se pode observar que as margens do trecho de rio que seria afetado num eventual rompimento do barramento da PCH Lajes se apresentam praticamente intocadas, com mata ciliar densa.



Figura 2 – Imagens de satélite com o trecho do modelo de Jusante



Figura 3 – Imagens de satélite com o trecho do modelo de Montante (Reservatório)

	<p>Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02</p>
		<p>PAGE 17 of 31</p>

Foi adotada como condição de contorno de jusante a condição normal de escoamento, adotando uma declividade de linha d'água semelhante a observada na calha do rio no trecho final. A rugosidade foi estimada em 0,033, representando tanto a calha quanto as margens.

### 10.1.2. Parâmetros da Brecha

O hidrograma do cenário 1 foi simulado a partir da brecha e tempo de fissura calculada por Von Thun e Gillete [1]. As equações, tabela de dimensionamento, tamanho das brechas e tempo de fissura resultantes são apresentadas a seguir.

$$B_m = 2,5h_w + C_b$$

$$t_f = 0,02 \times h_w + 0,25$$

Onde,

- $B_m$  = largura média da brecha (metros);
- $t_f$  = tempo de ruptura (horas, sempre maior que 10 minutos);
- $h_w$  = carga hidráulica sobre a elevação final da brecha (m);
- $C_b$  – variável função do volume do reservatório

Reservoir Size, m <sup>3</sup>	$C_b$ , meters
< 1.23*10 <sup>6</sup>	6.1
1.23*10 <sup>6</sup> - 6.17*10 <sup>6</sup>	18.3
6.17*10 <sup>6</sup> - 1.23*10 <sup>7</sup>	42.7
> 1.23*10 <sup>7</sup>	54.9

Tabela 3 – Valores de  $C_b$  de acordo com o volume do reservatório

Volume do reservatório na crista da barragem: 1,07x107m<sup>3</sup>

Brecha piping: 2,5x3,4+42,7=51,20 m

Tempo de fissura: 0,02x(180,4-177)+0,25=0,32h

O hidrograma do cenário 2 foi simulado considerando a brecha em todo o trecho do vertedouro e com tempo de fissura considerado praticamente instantâneo. Estes são dados de entrada para a simulação da mancha de inundação no trecho de jusante. Os hidrogramas de saída do modelo com reservatório de ambos os cenários são apresentados no gráfico a seguir.

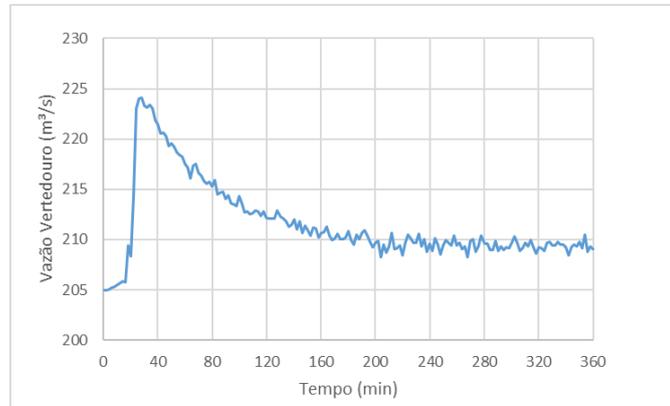


Figura 4 – Hidrograma do Cenário 1

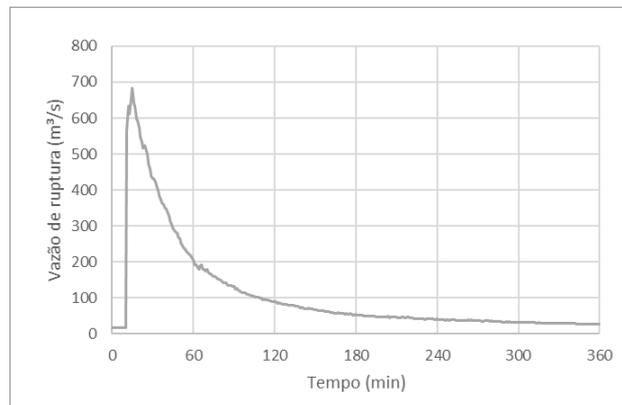


Figura 5 – Hidrograma do Cenário 2.



Figura 6 – Vertedouro da PCH Lajes – vista de jusante

### 10.1.3. Cenários de Ruptura

	<p>Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02</p>
		<p>PAGE 19 of 31</p>

Com relação às características do escoamento afluyente no momento da mesma, foram considerados dois cenários:

**Cenário 1:** Ruptura da barragem por “piping” para uma vazão com TR 100 anos, com o pico de vazão de 204,9 m<sup>3</sup>/s.

**Cenário 2:** Ruptura da barragem por tombamento do vertedouro, para a vazão QMLT igual a 17,8 m<sup>3</sup>/s, com formação instantânea.

## 10.2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Os resultados das simulações hidrodinâmicas das ondas de ruptura da barragem são apresentados na forma de envoltórias dos níveis máximos alcançados juntamente com o tempo que leva para se alcançar esses níveis ao longo do trecho simulado.

### 10.2.1. Resultados do Cenário 1 – Piping Margem Direita

Os resultados das simulações hidrodinâmicas da ruptura da barragem por piping no encontro da margem direita da barragem de terra com o vertedouro controlado são apresentados a seguir.

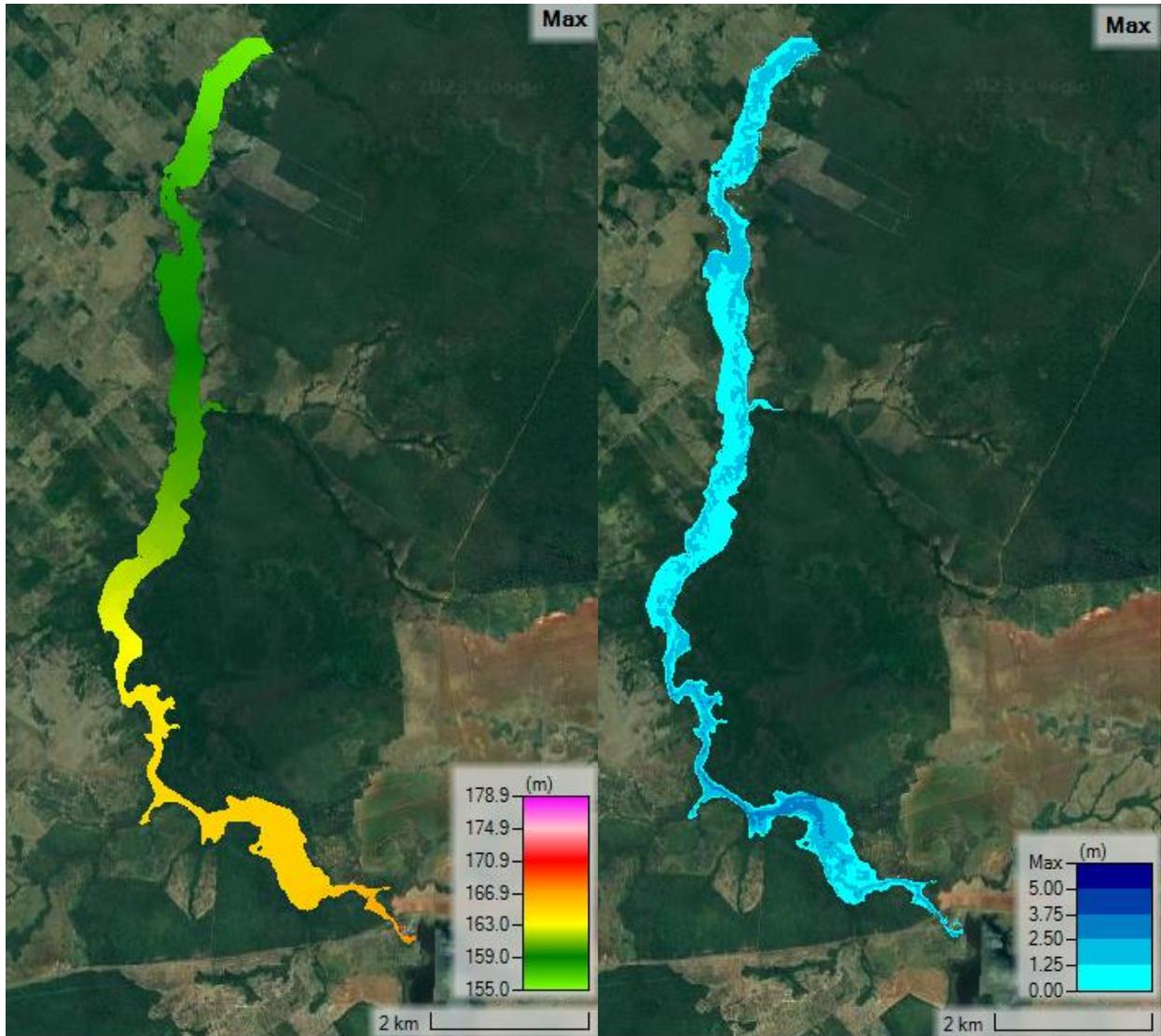


Figura 7 – Mancha De Inundação Cenário 1 (Elevação do N.A. e Profundidade)

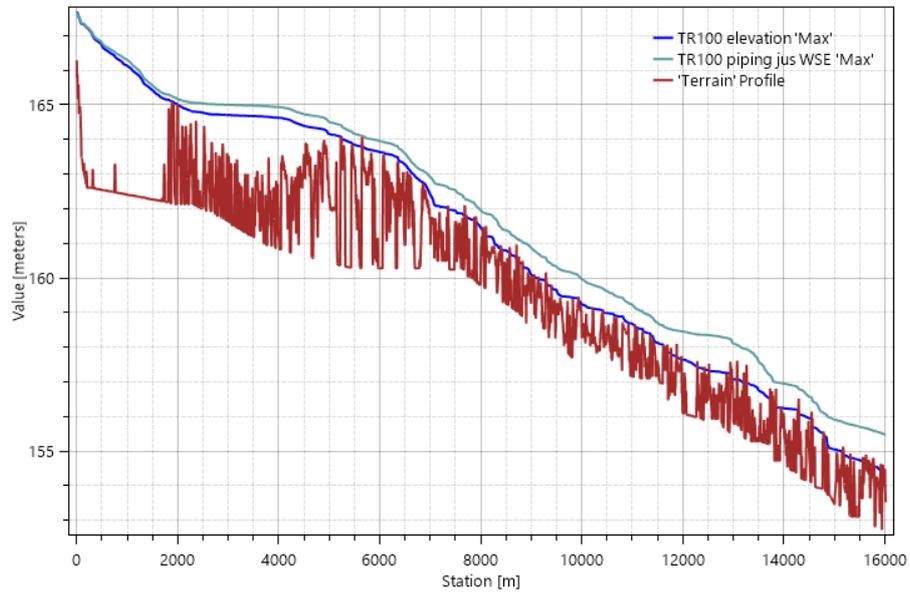
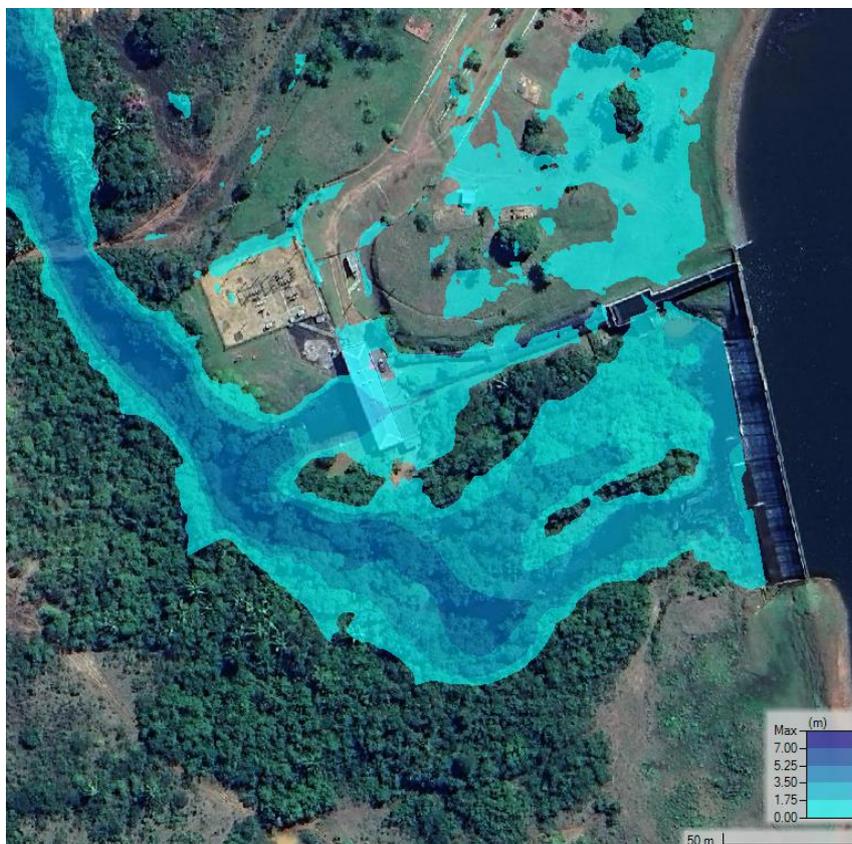


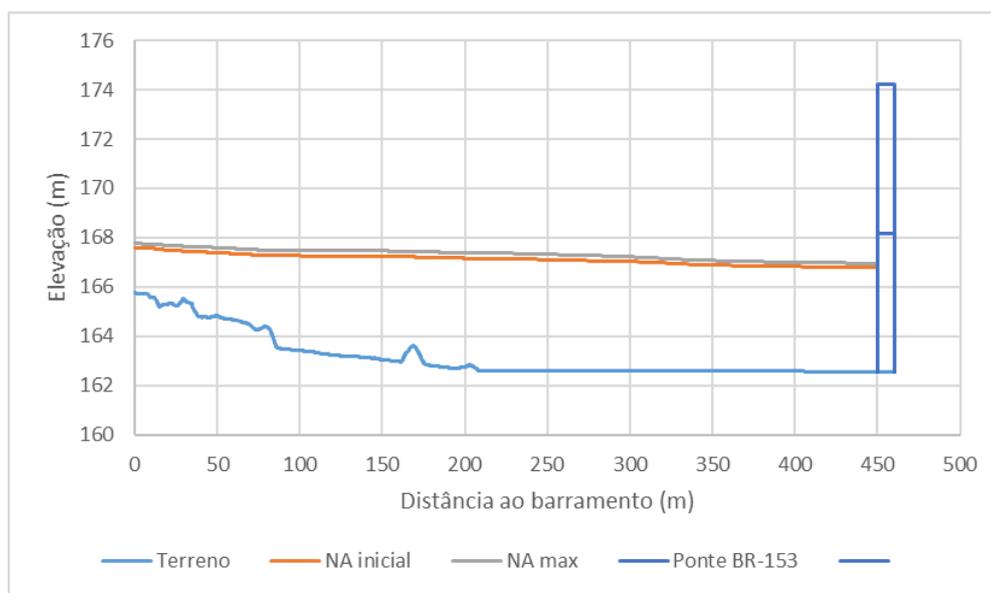
Figura 8 – Perfis de linha d'água – PCH Lajes a Limite de Jusante



Figura 9 - Envoltória dos níveis máximos – Montante da ponte BR-153(~30 minutos)



**Figura 10 - Envoltória de profundidades – Montante da ponte BR-153(~30 minutos)**



**Figura 11 – Perfil de linha d'água – PCH Lajes a Ponte Cenário 1**

### 10.2.2. Resultados do Cenário 2 – Tombamento do vertedouro

Os resultados das simulações hidrodinâmicas da ruptura da barragem devido o tombamento do vertedouro são apresentados a seguir.

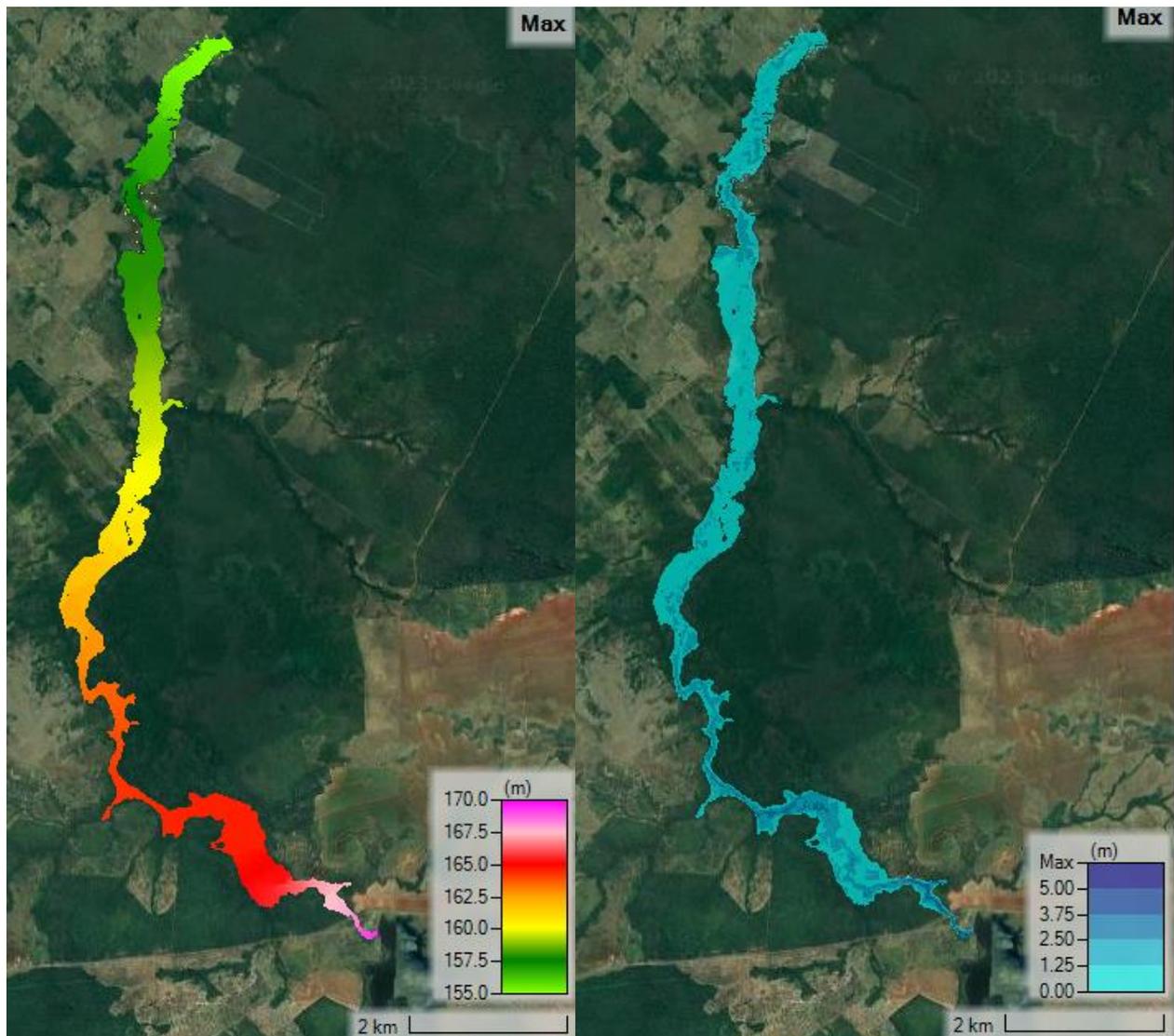


Figura 12 – Mancha De Inundação Cenário 2 (Elevação do N.A. e Profundidade)

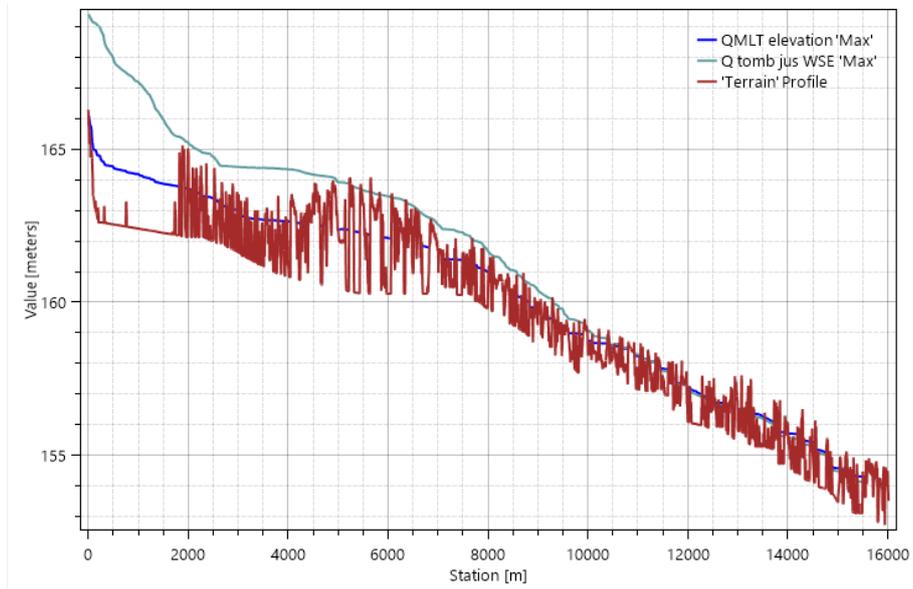


Figura 13 – Perfis de linha d'água – PCH Lajes a Limite de Jusante



Figura 14 – Envoltória dos níveis máximos – Montante da ponte BR-153 (~20 minutos)

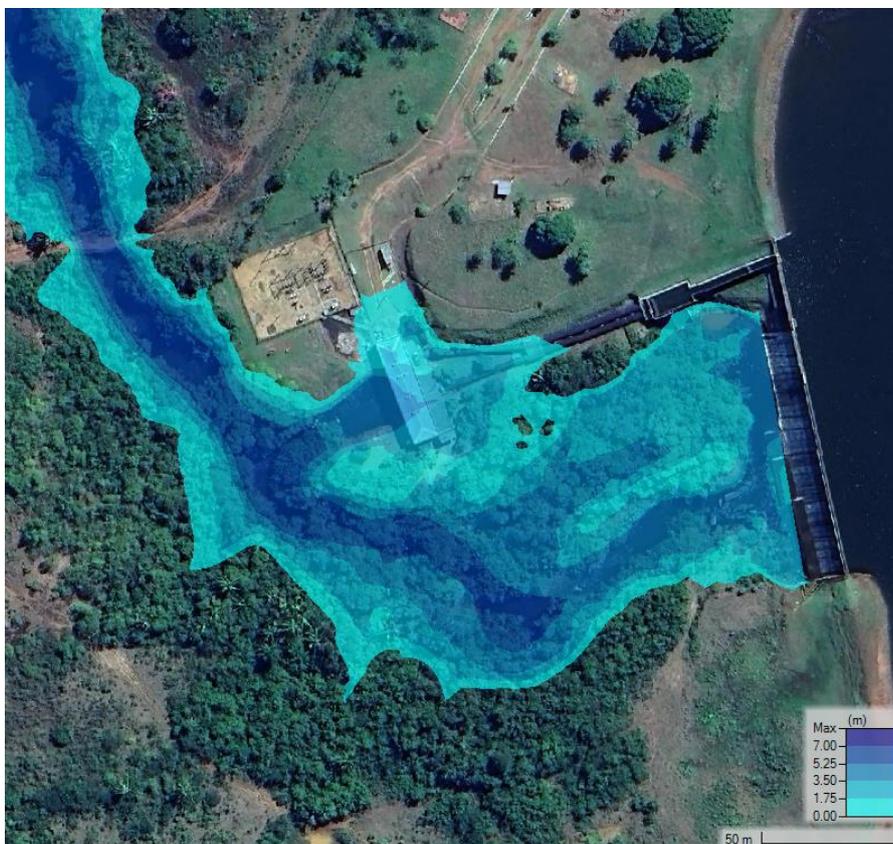


Figura 15 – Envoltória de profundidades – Montante da ponte BR-153 (~20 minutos)

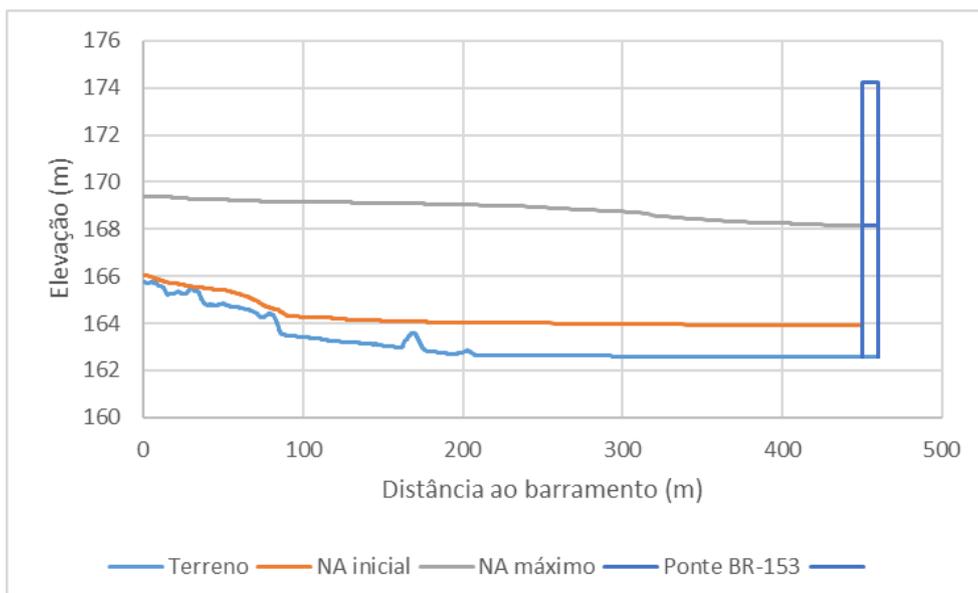


Figura 16 – Perfil de linha d'água – PCH Lajes a Ponte Cenário 2

### 10.2.3. Avaliação dos Resultados das Simulações Hidrodinâmicas

Ao se comparar os resultados entre os dois cenários percebemos que o pico de vazão do cenário de tombamento instantâneo do vertedouro é muito superior ao da brecha formada na barragem de terra, entretanto o cenário de ruptura por piping atinge mais locais críticos. Enquanto o escoamento do segundo cenário se mantém praticamente na calha, a brecha da margem esquerda inunda diversas casas ali presentes. Essas casas estão dentro da propriedade da Enel e foram construídas para dar suporte a central geradora, o que facilita o treinamento e plano de fuga em caso de ruptura.

A ponte da BR-153, localizada a cerca de 500 metros a jusante do barramento não é atingida em nenhum dos dois cenários. A última seção do modelo foi incluída para verificar o tempo de translado da onda. O tempo necessário em minutos para atingir os pontos observados são resumidos a seguir.

**Tabela 4 - Resumo dos tempos em minutos de translado da onda aos pontos críticos**

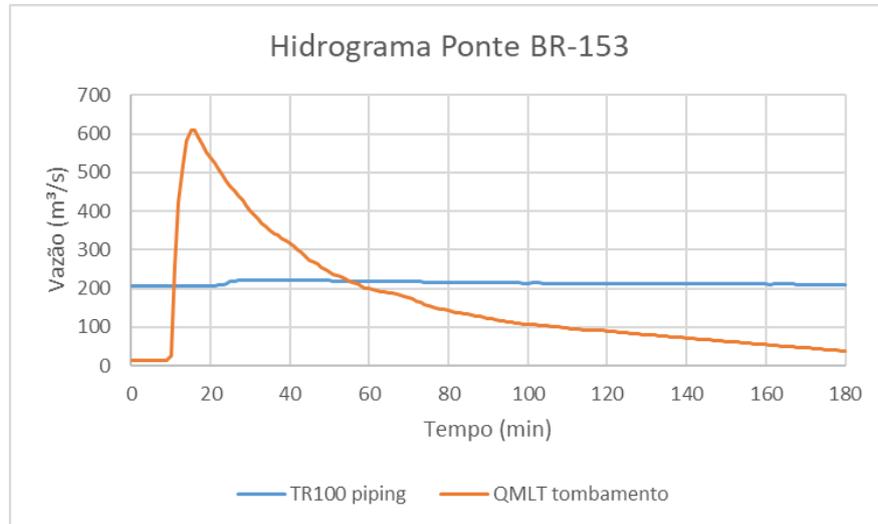
Cenário	Casa de Força	Casas Área Usina		Ponte BR-153		Limite de jusante	
		Chegada	Pico	Chegada	Pico	Chegada	Pico
1	0	22	27	25	28	150	330
2	11	-	-	11	16	60	68

A tabela a seguir apresenta a folga entre os níveis máximos e as vigas da ponte. Nota-se que o cenário 2, do tombamento do vertedouro, chega muito próximo a ponte, mas não chega a toca-la.

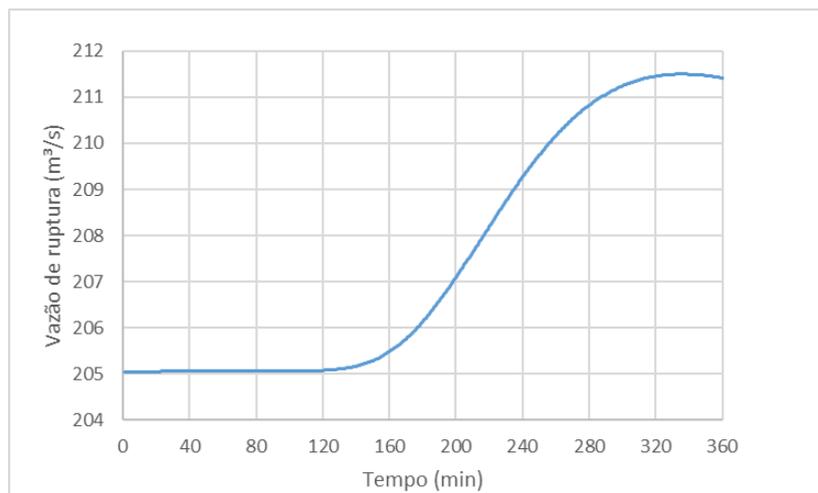
Cenário	Ponte BR-153	
	NA max	Folga
1	166,95m	120 cm

**Tabela 5 - Resumo dos impactos na ponte da BR-153**

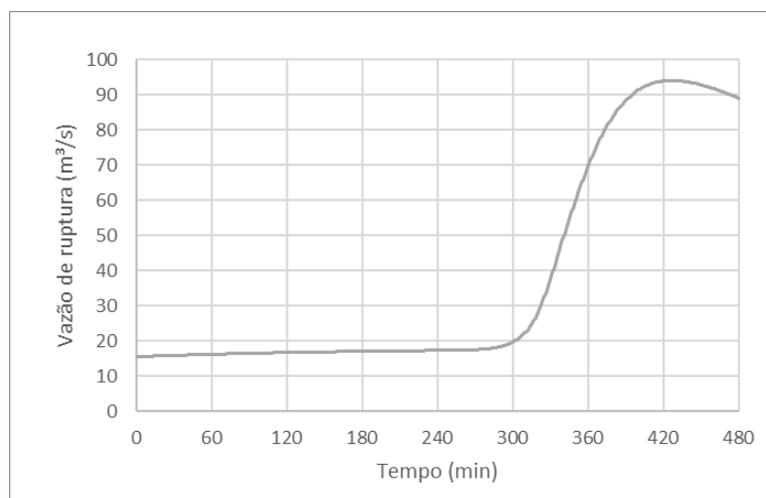
As imagens a seguir apresentam os hidrogramas dos cenários simulados na seção da ponte da BR-153 e na última seção do modelo.



**Figura 17 – Hidrogramas da seção da ponte BR-153**



**Figura 18 – Hidrograma da última seção de jusante Cenário 1**



**Figura 19 – Hidrograma da última seção de jusante Cenário 2**

Enquanto no cenário 1 o pico da onda levou pouco menos de seis horas para passar pela última seção do modelo, no cenário 2 a onda levou cerca de sete horas para chegar ao mesmo ponto.

	<p>Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02</p>
		<p>PAGE 28 of 31</p>

A vazão máxima atingida no limite de jusante é de 211m<sup>3</sup>/s para o Cenário 1 e 94m<sup>3</sup>/s para o Cenário 2, tendo um amortecimento da onda de cheia de 5,6% e 86% respectivamente. Essa diferença se justifica pela grande magnitude da vazão do cenário 1 e vazão ordinária do cenário 2.

### 10.3. CONCLUSÕES

A análise das simulações considerando ambos os cenários de ruptura demonstram que há pouco tempo de ação para atender as casas atingidas pelo cenário 1. Por outro lado, elas irão sofrer baixas forças de arraste devido as baixas velocidades e profundidades alcançadas. Já no cenário 2, as simulações mostram que a casa de força seria atingida em 2 minutos caso o vertedouro tombasse, o que é um tempo curto para a evacuação da área, porém possível com um sistema de alarme.

O primeiro local atingido é a casa de força, atingida em apenas 2 minutos no caso de tombamento do vertedouro (Cenário 2). Em seguida são as casas da margem direita, em apenas 13 minutos e apenas no caso de rompimento da barragem de terra (Cenário 1). O último local atingido em 30 minutos após o rompimento da barragem por tombamento está a 4,5km a jusante do eixo, porém sem ocupações permanentes além das já citadas. O alcance da onda com 30 minutos de rompimento no de piping é de apenas 1,3km

	<p>Operation &amp; Maintenance</p>	<p>CODE GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02</p>
		<p>PAGE 29 of 31</p>

## 11. TREINAMENTOS - PAE

Todos os participantes do Plano de Ação Emergencial deverão ser alvo de treinamento para conscientização e familiarização com as atividades que deverão exercer. O treinamento deverá dar ênfase à mobilização dos recursos internos envolvidos.

Os integrantes deverão participar dos cursos de reciclagem das atividades, que terão como finalidade a preparação para a prontidão efetiva, e que serão ministrados após a atualização geral dos cadastros.

Os treinamentos seguirão conforme resolução 1064/2023 :

*§ 8º O exercício prático de simulação de situação de emergência deve ser realizado com a população da ZAS com frequência e organização definida conjuntamente com os órgãos de proteção e defesa civil, no que couber.*

*§ 9º A frequência para realização do exercício prático de simulação de que trata o §8º não deverá exceder 3 anos, salvo manifestação dos órgãos de proteção e defesa civil competentes.*

## 12. SISTEMA SONORO DE ALERTA

Foram identificados moradores permanentes dentro da Zona de Autossalvamento (ZAS) da Usina de Lajes, foi definido que o sistema de alerta sonoro será composto por sirenes estrategicamente instaladas. Essa solução visa atender eventuais necessidades de comunicação emergencial, de acordo com o § 6º *O PAE deverá contemplar a previsão de instalação de sistema sonoro ou de outra solução tecnológica de maior eficácia em situação de alerta ou emergência, nos locais habitados na ZAS, devendo conter avaliação quanto a essa abrangência e cabendo ao empreendedor sua implantação, operação e manutenção em articulação com os órgãos locais de proteção e defesa civil.*



Operation & Maintenance

CODE  
GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.001.02

PAGE  
30 of 31

### 13. ASSINATURA DOS RESPONSÁVEIS

-----  
**Jayme Barg**

Responsável Legal

CREA: 1989105709

-----  
**Eng. Juliana Martins Pereira**

Responsável Técnico

CREA: 2605272010

#### 14. MANCHAS DE INUNDAÇÃO

#### 15. ANEXOS

##### ANEXO 1: MAPAS ZONA DE AUTOSSALVAMENTO

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.00117.08.005.00	Relatório ZAS
2	GRE.OEM.R.88.BR.H.00115.09.007.00	MAPA ÍNDICE DAS PLANTAS DE ROTA DE FUGA, PONTOS DE ENCONTRO E PROJETO DE SINALIZAÇÃO

##### ANEXO 2: PLANO DE EVACUAÇÃO

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.00117.08.007.00	Plano de Evacuação

##### ANEXO 3: ESTUDO DE RUPTURA

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.EEC.C.14.BR.H.01BPP.00.030.01	Avaliação Bidimensional de Ruptura da Barragem de Lajes

##### ANEXO 3: RELATÓRIO DE SIMULADO LAJES

Item	Nº Enel Green Power	Título
1	GRE.OEM.R.88.BR.H.68496.09.017.00	Relatório de Simulado